

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии
Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы			
Разработка принципа управления биоэлектрическим протезом кисти руки			
УДК 615.477.21.001.66:611.976:004.383.3			
Студент			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д31	Захарченко Екатерина Анатольевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭФ ФТИ ТПУ	Твердохлебов Сергей Иванович	Кандидат физико- математических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и
ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры МЕН ИСГТ ТПУ	Шулинина Юлия Игоревна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПМЭ ИНК ТПУ	Губарев Федор Александрович	Кандидат физико- математических наук		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники.
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений.
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов.
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
Универсальные компетенции	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности.
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том

	числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач.
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки «Биотехнические системы и технологии»
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой Ф.А.Губарев

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Д31	Захарченко Екатерина Анатольевна

Тема работы:

Разработка принципа управления биоэлектрическим протезом кисти руки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.05.2017 № 3707/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе: <i>наименование объекта исследования или проектирования; режим работы</i>	Объектом исследования является биоэлектрический протез кисти.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью достижений мировой науки техники в рассмотрении области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Обзор соответствующей литературы; • Выбор способа крепления; • Выбор способа управления биоэлектрическим протезом кисти; • Составление структурной и принципиальной схемы блока управления.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Принципиальная схема блока управления. Перечень элементов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Ассистент Шулинина Юлия Игоревна
Раздел «Социальная ответственность»	Ассистент Мезенцева Ирина Леонидовна

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭФ ФТИ ТПУ	Твердохлебов Сергей Иванович	Кандидат физико- математических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д31	Захарченко Екатерина Анатольевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Д31	Захарченко Екатерине Анатольевне

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<i>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i>	Объектом исследования является биоэлектрический протез кисти. Рабочей зоной является лаборатория.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><i>1.Производственная безопасность</i></p> <p><i>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности</i></p> <p><i>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности</i></p>	<p>Анализ вредных факторов, которые в свою очередь могут оказать негативное воздействие на человека.</p> <p>К ним относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Отклонение показателей микроклимата; • Недостаточная освещенность рабочей зоны; • Повышенный уровень шума на рабочем месте. <p>А также возможно воздействие на человека опасных производственных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • электрический ток.
<p><i>2.Экологическая безопасность</i></p>	<p>Разработка проводится с помощью ПК и высокотехнологичных устройств, токсические вещества в проекте не используются.</p>

<i>3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях</i>	Возможны чрезвычайные ситуации: пожары, ситуации природного характера.
<i>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</i>	В Российской Федерации вопросы, относящиеся к организации и охране труда при работе за компьютером, регулируются: - трудовым кодексом РФ; - типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере; - требованиями к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для взрослых пользователей .

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д31	Захарченко Екатерина Анатольевна		

ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

Группа	ФИО
1Д31	Захарченко Екатерине Анатольевне

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 26300 руб. Оклад инженера – 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Доплаты и надбавки руководителя 50%; Премияльный коэффициент инженера 30%; Доплаты и надбавки инженера 50%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	-Анализ конкурентных технических решений; -SWOT-анализ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ;

	<ul style="list-style-type: none"> - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. <p>Формирование бюджета затрат на научное исследование:</p> <ul style="list-style-type: none"> - материальные затраты; - затраты на специальное оборудование - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение эффективности исследования
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Оценочная карта конкурентных технических решений</i> 2. <i>График Гантта</i> 3. <i>Расчет бюджета затрат НИ</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Юлия Игоревна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д31	Захарченко Екатерина Анатольевна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки: 12.03.04 Биотехнические системы и технологии
Уровень образования: Бакалавр
Кафедра промышленной и медицинской электроники
Период выполнения (осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

Выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполняемой работы:

Дата контроля	Название раздела / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
01.04.2016	Обзор литературных источников	10
01.07.2016	Исследование миоэлектрического способа управления	20
01.09.2016	Выбор способа крепления протеза	20
01.12.2016	Составление структурной схемы протеза и бока управления им	10
01.05.2017	Разработка принципиальной схемы блока управления	20
01.06.2017	«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
01.06.2017	«Социальная ответственность»	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭФ ФТИ ТПУ	Твердохлебов Сергей Иванович	Кандидат физико- математических наук		

Согласовано:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Губарев Федор Александрович	Кандидат физико- математических наук		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 79 стр., 21 рис., 24 табл., 17 источника, 2 приложения

Ключевые слова: биоэлектрический протез кисти, миоэлектрический сигнал, остеоинтеграция, биоэлектрическая схема, на костный имплантат.

Объектом исследования является биоэлектрический протез кисти.

Цель работы – разработать принцип управления биоэлектрическим протезом кисти.

В процессе исследования проводился:

- 1) обзор литературных источников;
- 2) выбор способа крепления протеза;
- 3) выбор метода управления биоэлектрическим протезом;
- 4) разработка структурной схемы биоэлектрического протеза кисти;
- 5) эксперимент по измерению биопотенциалов по схеме наложения электродов, предложенной С.А. Воротниковым;
- 6) разработка принципиальной схемы блока управления;
- 7) анализ проделанной работы.

Результатом работы является теоретически обоснованная комплектация биоэлектрического протеза кисти.

Данные исследований могут быть использованы НИИ, предприятиями, специализирующимися на производстве комплектующих частей протеза, а также предприятиями в целом занимающимися производством протезов.

В будущем планируется разработать прототип биоэлектрического протеза кисти.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.1.005-88.ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

2. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация

3. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности

4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

5. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение

6. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

7. ГОСТ 12.2.032-78, Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

Оглавление

Введение	14
1. Виды протезов верхних конечностей	
1.1 Косметические протезы	16
1.2 Тягово-силовые протезы	17
1.3 Биоэлектрические протезы	18
2. Способы управления биоэлектрическим протезом	20
3. Способы крепления протеза к культе	23
4. Практическая часть	
4.1 Выбор способа крепления протеза	27
4.2 Выбор способа управления биоэлектрическим протезом	28
4.3 Структурная схема миоэлектрического протеза кисти	28
4.4 Исследование биоэлектрической активности мышц предплечья	31
4.5 Расчет принципиальной схемы блока управления	35
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	45
6. Социальная ответственность	62
Заключение	76
Список публикаций	77
Список используемых источников	78
Приложение А Принципиальная схема блока управления	80
Приложение Б Перечень элементов	81

Введение

По данным протезно-ортопедических предприятий России семи Федеральных округов страны, в 2016 году у них на учёте стояло 948 532 пациента, нуждавшихся в протезно-ортопедической помощи. 1700 63 человека нуждались в протезировании конечностей, из них 15% в протезировании верхних конечностей.

Наибольшее количество встречающихся ампутаций на верхней конечности — ампутации на уровне предплечья (50,5%), – 13071 человек [1].

Инвалиды, перенесшие ампутацию, лишаются в первую очередь возможности к самообслуживанию. Поэтому цель протезирования верхних конечностей: возвращение инвалида к возможности самообслуживания и к трудовой деятельности. Поскольку искусственно воспроизвести весь функционал здоровой человеческой руки на современном этапе технического развития сложно, основная задача протезостроения – это создание технического устройства, способного максимально восполнить утраченные функции, то есть вернуть инвалиду возможность совершать основные бытовые движения. Такими движениями являются: захват и манипулирование предметом.

Для осуществления захвата необходимо специальное техническое приспособление. Очень простое конструкционное решение, которого сейчас повсеместно используется и представляет собой клешню, в которой второй и третий палец объединены и противопоставляются первому (четвертый палец и мизинец не подвижны). Этого недостаточно для точной установки пальцев по форме предмета, но хватает для удержания предмета.

Функциональность такого протеза определяется системой управления. Самыми распространенными способами управления являются: тягово-силовые и биоэлектрические способы.

Выбор метода управления зависит от индивидуальных особенностей пациента. Но в большинстве случаев самым оптимальным и желательным является миоэлектрический метод.

Таким образом, целью моей работы является разработка протеза с миоэлектрическим управлением, который позволит человеку, вернуться к прежнему образу жизни.

1. Виды протезов верхних конечностей

На рынке кистевых протезов наиболее распространены три вида устройств: косметические, тягово-силовые, биоэлектрические протезы.

1.1 Косметические протезы

Косметические протезы выполняет функцию, скрывающую визуальный недостаток потерянной конечности. Данный вид протезов подходит в тех случаях, когда необходимо создать иллюзию живой руки без восстановления двигательных функций. Протез до недавнего времени часто применялся при протезировании частично ампутированной кисти (рис. 1а, б).

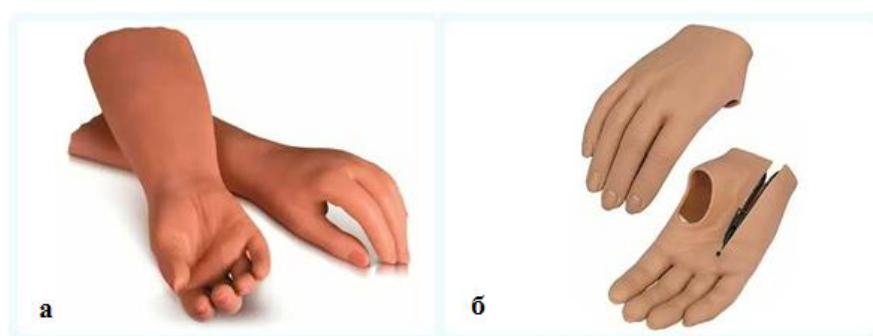


Рисунок 1 – а – Косметический протез кисти после ампутации верхней конечности фирмы Novea (модель 320), б – Косметический протез после ампутации отдельных фаланг пальцев фирмы Novea (модель 303) [2].

Косметический протез состоит из культеприемника, каркаса кисти и косметической перчатки. Преимущества и недостатки данного вида протеза представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки косметического протеза кисти [3]

Преимущества	Недостатки
Привлекательный внешний вид	Нет активного захвата
Относительно не большая масса	Ограниченна функциональность
Прост в изготовлении и эксплуатации	Дорогие индивидуальные силиконовые оболочки
Не требует больших финансовых затрат на тех. обслуживание	

Стоимость косметического протеза кисти у Российских производителей колеблется в пределах от 5 до 10 тысяч рублей, отдельных частей кисти от 3500 рублей. Срок эксплуатации данного протеза около 12 месяцев.

1.2 Тягово-силовые протезы

Первый активный протез в России был разработан Г.А. Альбрехтом в 1925 году. Его возможности ограничивались захватом и удержанием предмета [4]. Устройство представляло собой тягово-силовой протез. Исполняющая часть подобного устройства являлась крюком с защемляющим механизмом, который приводился в движение системой ремней и пружины. В качестве управляющей информации использовались движения здорового плеча пациента, к которому крепился один из разжимающих ремней протеза. Чтобы открыть зажимной механизм протеза, необходимо было здоровой частью руки потянуть за прикрепленный к ней разжимающий ремень. Ремень оттягивал концы зажимного механизма и протез открывался. Подобным образом работают современные тягово-силовые протезы (рис.2) .

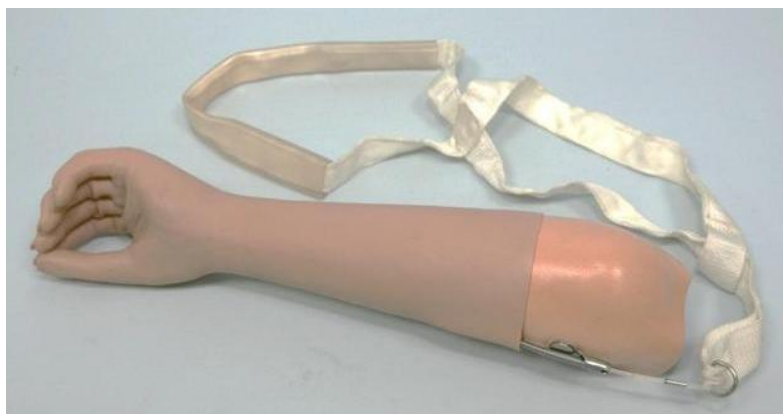


Рисунок 2 –Тягово-силовой протез верхней конечности [5]

В большинстве случаев механические протезы состоят из:

- манжеты-гильзы, закрепляющейся на предплечье;
- пластмассовой чашки для культи, связанной с механическим шарниром и гильзой предплечья;
- кисти или крючка;

- кабеля и манжеты для противоположного плеча, благодаря движениям которого осуществляется активное сгибание крючка или кисти.

Основные преимущества и недостатки данного протеза представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Преимущества и недостатки механического протеза [3]

Преимущества	Недостатки
Надежная конструкция	Ограниченная сила захвата и определяется только конструкцией протеза
Доступная цена	Ограниченное количество степеней свободы движения
Небольшая масса изделия	Система тяг может причинять дискомфорт и ограничивать движение других частей тела
Не требует дорогостоящего обслуживания	Неэстетичный внешний вид

Тягово-силовые протезы могут использоваться только по истечению значительного времени с момента ампутации, когда культя начинает терять чувствительность, так как натянутая пружина оказывает значительное давление на культю и причиняет огромный дискомфорт.

Данные протезы отлично подходят для людей, которые много времени проводят в воде. Стоимость данного протеза колеблется от 100 до 250 тысяч рублей.

1.3 Биоэлектрический протез кисти

Развитие науки и техники позволило ученым создать протезы, управляемые при помощи регистрации биоэлектрических потенциалов тела человека. Такие протезы относятся к биоэлектрическим протезам (рис.3а, б).

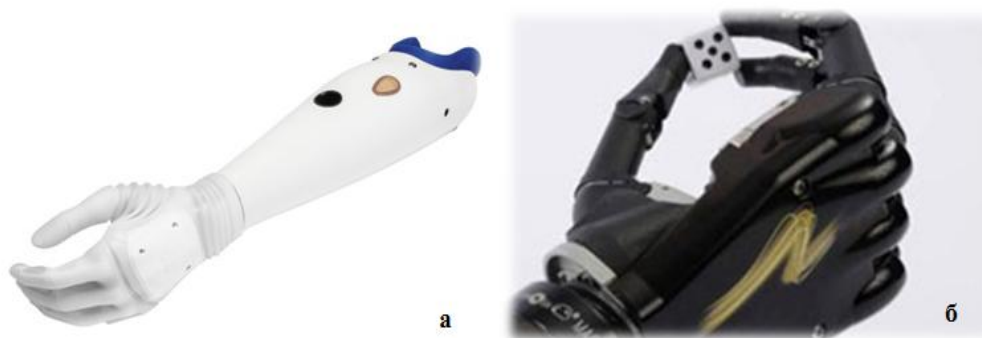


Рисунок 3 – а – Биоэлектрический протез руки с кистью Michelangelo [3],

б – Биоэлектрический чувствительный протез руки SmartHand [6]

К основным функциям данного протеза относят вращение кисти, захват и удержание предметов. Главными плюсом биоэлектрических протезов являются его высокая сила захвата и большое количество степеней свободы. Благодаря своим уникальным функциям такой протез позволяет инвалидам управляться с предметами малого размера, такими как шариковая ручка, вилка, ложка и т.д., как и прежде. В отличие от механического (тягово-силового) протеза, данный протез, помогает пациенту держать правильную осанку, и исключает искривление позвоночника в сторону из-за постоянного маневрирования туловищем. Во время ходьбы биоэлектрическая рука естественно покачивается. Такой вид протеза оснащен мягким материалом на концах пальце, позволяющим работать с мелкими предметами.

Несмотря на все достоинства данного протеза, у него есть свои недостатки:

- необходимость в техническом обслуживании, связанна она с наличием сложной электроники в устройстве,
- более высокая стоимость и увеличенный вес по сравнению с другими видами протезов. Стоимость биоэлектрической руки составляет в пределах 2,5 миллионов рублей,
- короткое время работы аккумулятора. Полного заряда батареи хватает на один день, следовательно, вечером перед сном протез необходимо снимать и ставить на зарядку,

- нет защиты от воды. Человек с таким устройством не может посещать бассейны и принимать с ним душ [3].

2. Способы управления биоэлектрическим протезом

Современные биоэлектрические протезы обычно управляются одним из трех основных методов управления: нейрокомпьютерный, нейроэлектрический, электромиографический (миоэлектрический).

В нейрокомпьютерном методе в качестве исходной информации используется сигнал с подкорки головного мозга. Сигнал снимается с помощью отведений, которые вживляются в кору головного мозга. Полученные данные обрабатываются и передаются на механическую часть протеза. Протезы с данным видом управления используют люди, страдающие от паралича конечностей, вызванного нарушением нейронных связей между мозгом и управляемым органом. Основным недостатком данного метода является его инвазивность, которая создает риск заражения или повреждения мозга при вживлении электродов и эксплуатации протеза [7].

Нейроэлектрический метод управления использует сигналы, снятые с активных двигательных нервов человека. В данном методе электроды могут вживляться в нервную ткань (регенеративный, электрод-манжета) или быть установленными над нервами [8]. Главными плюсами нейроэлектрического метода являются: возможность возвращения чувствительности путем электрической стимуляции сенсорных нервных волокон и отсутствие зависимости от отвечающих за функцию мышц отсутствующей конечности. К недостаткам метода управления относятся: инвазивность, низкоамплитудный информативный сигнал по сравнению с окружающими источниками биопотенциалов, необходимость организации чрескожного интерфейса, невозможность использования при полном параличе конечностей. Основным риском при использовании таких протезов является возможность разрушения или повреждения нерва и окружающих его тканей, послеоперационное

заражение организма [7].

В электромиографическом методе в качестве исходной информации для управления протезом используется миоэлектрический сигнал. Миоэлектрический сигнал - сигнал, который снимается с возбужденных мышечных волокон или при изменении объема мышц при их сокращении.

Сущность такого способа управления состоит, в регистрации с помощью двух электродов на культе считывается биоэлектрический сигнал активности мышц. Затем слабое напряжение микровольтового диапазона усиливается и в виде управляющих сигналов передается микроконтроллеру блока управления, где анализируется и преобразуется в команду для исполнительного механизма протеза (Рис. 4) [9].

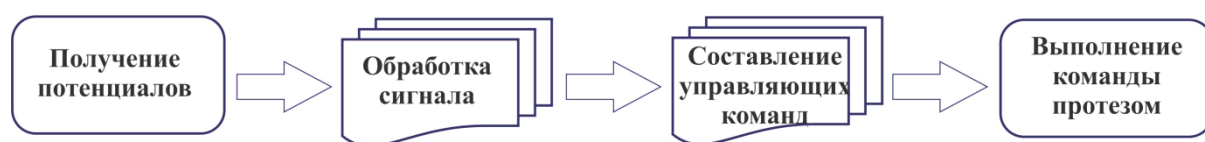


Рисунок 4 Блок-схема работы системы управления протезом

Главными плюсами электромиографического метода управления является его неинвазивность и простота организации управления протезом. Результат работы протезов с таким методом управления напрямую зависит от нескольких факторов: от количества информативных площадей, от расположения электродов на информативной поверхности, изменения положения электродов в процессе эксплуатации. Основным условием для использования протезов с электромиографическим методом управления является сохранность активности и целостности мышечного волокна отвечающего за управление отсутствующей конечности [10].

Одним из примеров разработки современных миоэлектрических протезов является новая модель биоэлектрического протеза BeBionic Small (рис. 5), разработанного компанией RSLSteepe. Данное устройство имеет подушечки на кончиках пальцев для работы с мелкими предметами.



Рисунок 5 – Биоэлектрическая рука BeBionicSmall компании RSLSteepe [11]. Каждый палец такой руки имеет собственный моторчик, микропроцессор встроенный в блок формирования команд следит за положением каждого пальца. Данный протез обладает 14 степенями захватов для того чтобы контролировать силу хватки предметов. В руку встроена функция «автозахвата» - если процессор понимает, что предмет сейчас выпадет из протеза, он усиливает силу захвата автоматически. Рука имеет угол поворота 360° [11].

Несмотря на успехи в протезировании и организации управления протезами, отрасль протезирования значительно отстает в технологическом развитии от общетехнического развития науки в целом, и многие проблемы протезов остаются нерешенными до сих пор. При эксплуатации современных протезов пациенты сталкиваются с такими проблемами как большой вес устройства, анатомическое несоответствие моделей здоровой конечности, необходимость прилагать дополнительные усилия, которые изматывают человека. Все приведенные недостатки в совокупности заставляют пациента прилагать чрезмерные усилия, доставляют дискомфорт и напоминают о протезе, делая его использование обременительным и лишая естественности в управлении, присущей живой конечности. Одним из критериев, который позволит добиться естественности управления является изучение механизмов работы здоровых конечностей, биоэлектрических процессов в них и их

взаимодействие, чтобы определить необходимый набор характеристик биоэлектрического сигнала для качественного управления протезами.

Например, выделение определенных характеристик миоэлектрического сигнала активных мышц может позволить организовать управление протеза, использующего шаблоны наборов гармоник спектра сигнала, тем самым обеспечивая управляющую систему большим количеством функций с минимальным количеством отведений. Организация подобного управления требует миографических исследований биоэлектрической активности целевых мышц в диапазоне от 0 до 10000 Гц без фильтрующих элементов, которыми будет осуществляться управление протеза. Качество полученных во время исследования данных зависит от чувствительности и помехоустойчивости диагностирующих устройств.

3. Способы крепления протеза к культе пациента

На сегодняшний день известно несколько способов крепления протеза конечности к культе. Первый, старый способ - это фиксация при помощи специальных подвесных тазовых либо плечевых ремней. Сейчас используется, как правило, только в лечебно-тренировочных протезах, при очень коротких культях и в экстремальных условиях.

Второй способ является очень распространённым, надёжным и доступным с минимальной длиной гильзы и длительным сроком эксплуатации - это вакуумное крепление. Заключается оно в том, что культеприёмная гильза (рис. 6а) довольно точно повторяет форму и имеет выпускное отверстие с клапаном. При надевании гильзы весь воздух, имеющийся в ней выходит, через выпускное отверстие, далее клапан закрывают и при попытке извлечь культю наружу образуется вакуум, который не даёт возможности этого сделать.



Рисунок 6 – а – Культеприемная гильза, б – Силиконовый лайнер

Среди недостатков данного способа следует отметить высокие требования к изменениям объёма культи (возможно возникновение проблемы с креплением при изменении массы пациента), необходимость тщательнейшего гигиенического ухода за гильзой для устранения запахов. Помимо этого, при вставании пациента, выходящий из гильзы воздух может издавать неприятные звуки, а одевание культи в неё возможно только при помощи специального «чулка-протяжки».

Усовершенствованной альтернативой культеприемной гильзе является силиконовый лайнер. Силиконовый лайнер также создает вакуум при контакте с культей. Суть способа состоит в фиксации на культе ампутированной конечности элемента, к которому впоследствии можно прикрепить всю остальную конструкцию протеза. Именно эта функция и возложена на силиконовый лайнер, имеющий мягкую внутреннюю поверхность. Он как бы накатывается на культю и таким же образом снимается с неё. Разновидностей чехлов сейчас выпускается довольно много во всём мире, поэтому их выбор должен осуществлять только специалист. Пользоваться лайнерами достаточно удобно. Всегда можно снять, а затем надеть протез без дополнительных средств-протяжек. Они просты с точки зрения гигиенического ухода, обеспечивают надёжное крепление, которое здесь не так зависит от изменения объёмов культи. К тому же присутствует компрессионный эффект, весьма

полезный для местного кровообращения. Из недостатков необходимо отметить недолговечность, относительно высокую стоимость, риск развития аллергических реакций на силикон и повышенное потоотделение.

Развивается способ крепления протеза к культе, основанный которым протез крепится к внутрикостному имплантату, имеющему как внутрикостную часть, так и «наружную», выходящую из культи (рис.7).



Рисунок 7 – Рентген кисти с внутрикостным имплантатом

Этот способ обеспечивает надежную фиксацию только при наличии остеointеграции костной ткани с имплантатом. Данный способ требует хирургического вмешательства в организм человека. Операция по установке имплантата включает в себя 2 стадии: на первой стадии в организм помещается внутрикостная часть имплантата. Спустя пару месяцев, которые необходимы для остеointеграции костной ткани, проводится вторая операция, на которой уже устанавливается «наружная» часть, на которую в дальнейшем и будет крепиться протез. В протезировании в основном используются титановые штыри (рис. 8).



Рисунок 8 – Титановые штыри для крепления протеза у животных

Такой способ крепления исключает раздражение кожи как в случае

использования гильзы и лайнера и дает пациенту ощущение, что искусственная рука является частью его тела. Данный способ находится в процессе доработки ввиду того, что не решена проблема проникновения инфекции через имплантат внутрь организма со всеми вытекающими из этого последствиями [12].

4.Практическая часть

4.1 Выбор способа крепления протеза

Наиболее надежное крепление протеза к культе может быть обеспечено его механическим соединением со специальным внутрикостным титановым имплантатом. Титан является биосовместимым материалом за счет наличия на его поверхности оксидного слоя. С целью остеоинтеграции титанового имплантата на его поверхность наносится биоактивное покрытие.

Для проверки остеоинтеграционных свойств титановые на костные имплантаты с биоактивным покрытием, изготовленным в ТПУ, были протестированы (Рис. 9) в ФГБУ «РНЦ «ВТО» имени академика Г.А. Илизарова»



Рисунок 9 – Накостные имплантаты с биоактивным покрытием

Все изделия имели изгиб, повторяющий рельеф кости. В эксперименте участвовали пластины, на поверхность которых было нанесено гидроксиапатитное (ГА) покрытие разными методами. Первый вид – титановая пластина с микродуговым оксидированием (КФ МДО). Второй вид – пластина с тонким плотным, эластичным кальций-фосфатным покрытием с высокими адгезионными свойствами, нанесенное методом высокочастотного магнетронного напыления (КФ ВЧМР). Третий вид – пластина без биоактивного покрытия. По истечению срока эксперимента (28 дней) выявилось, что в зоне контакта имплантатов с тканевым субстратом и внутри

перфорационных отверстий в сериях с ГА покрытием обнаруживалась ретикулофиброзная костная ткань. Наиболее минерализованный костный субстрат формировался на поверхности имплантатов с КФ МДО покрытием. Результаты выполненного исследования свидетельствуют о том, что биоактивное покрытие на основе гидроксиапатита, нанесенное на изделия, изготовленные из титана, в том числе, по аддитивной технологии, индуцирует процессы костеобразования. При этом степень активности данного процесса зависит от способа нанесения гидроксиапатита.

Предполагаемый метод изготовления титанового имплантата 3D печать.

4.2. Выбор способа управления биоэлектрическим протезом

Ознакомившись со всеми основными методами управления, выбрали для дальнейшей работы электромиографический (миоэлектрический) метод управления. Нейрокомпьютерный и нейроэлектрический методы являются экспериментальными за из-за того, что для реализации данных методов необходимо внедрение электродов в организм человека. Более безопасным для организма является электромиографический способ управления. Он использует поверхностные электроды для считывания электрической активности мышц человека. Основным требованием при использовании выбранного метода управления является сохранность активности и целостности мышечного волокна, отвечающего за управление отсутствующей конечности

4.3. Структурная схема миоэлектрического протеза кисти

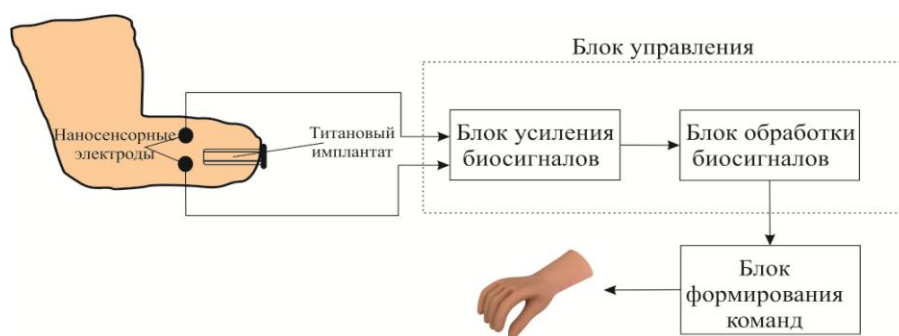


Рисунок 10 – Структурная схема миоэлектрического протеза кисти

На рисунке 10 представлена структурная схема миоэлектрического протеза кисти. Основной функцией протеза является сгибание и разгибание пальцев. Для реализации данных процессов, используется микроконтроллер (МК) и сервопривод.

С помощью поверхностных электродов с культи пациента производится регистрация биопотенциалов с мышц предплечья человека. Далее сигнал поступает на блок управления, в котором происходит его преобразование из аналоговой формы в цифровую.

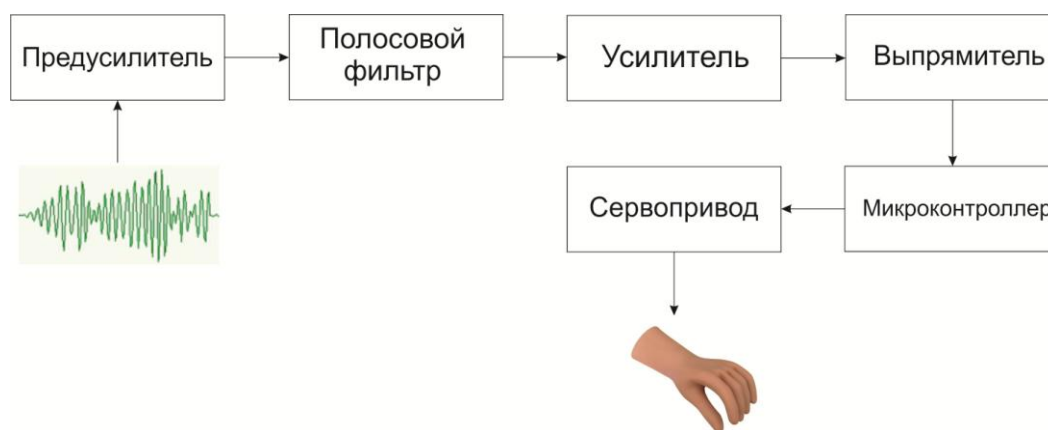


Рисунок 11 – Структурная схема блока управления и блока формирования команд биоэлектрическим протезом кисти

Блок управления преобразует сигнал с мышц, и состоит из предусилителя, полосового фильтра, усилителя и выпрямителя. Блок формирования команд включает в себя микроконтроллер и сервопривод.

Среднее значение амплитуды электромиограммы колеблется в пределах 20-200 мкВ. С сигналом такой величины практически невозможно работать, поэтому для дальнейшей работы, биосигнал подается на усилитель блока управления. Для ЭМГ характерна беспорядочная шумовая форма, следовательно, усиливая управляющий сигнал, усиливаются и шумы. Для получения информативного сигнала, сигнал с предусилителя подается на фильтр. Область оптимальных частот ЭМГ лежит в диапазоне 20-500 Гц, поэтому целесообразно будет использовать полосовой фильтр.

Для усреднения сигнала и получения положительной части напряжения

Для того чтобы выполнить эту задачу ставят в схему двухполупериодный выпрямителя, который действует как огибающей детектор, используется для устранения сигнала и получения положительной части напряжения сигнал после усиления и полосовой фильтрации сигнала.

Затем огибающий детектор сопровождается низкочастотным фильтром для сглаживания пульсаций в сигнале, действующем в качестве интегратора. Далее сигнал подается на вход АЦП микроконтроллера и на выходе мы должны получить преобразованный аналоговый сигнал и цифровой, который будет определять угол поворота механизма.

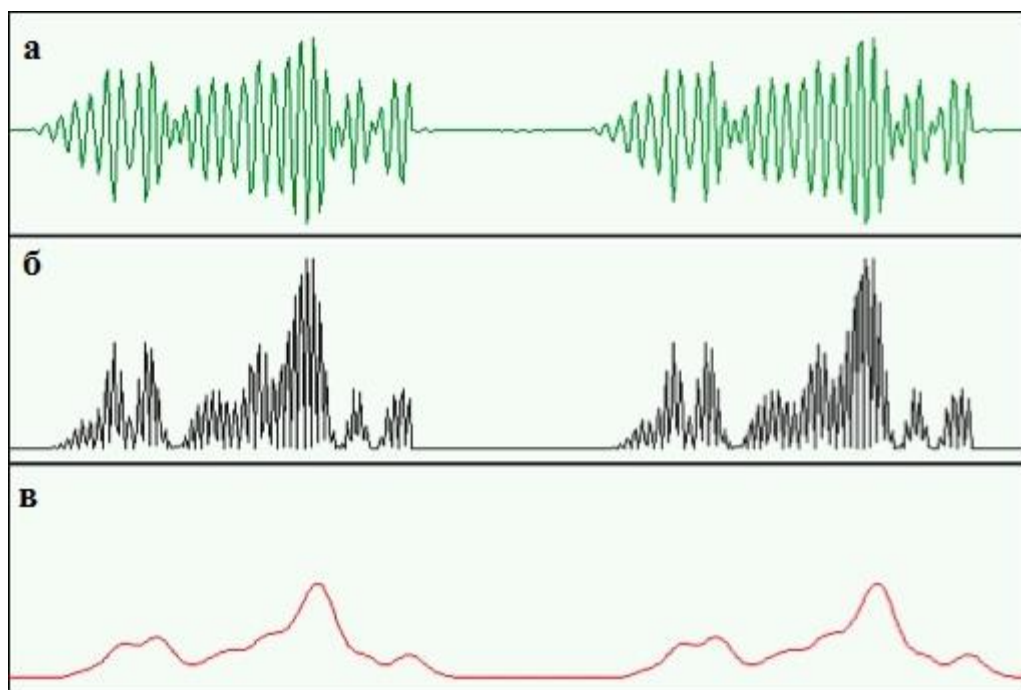


Рисунок 12 – а – Сигнал с ЭМГ; б – Усиленный и выпрямленный сигнал;
в – Сигнал с выхода микроконтроллера

Микроконтроллер, сравнивает амплитуду сигнала ЭМГ (20-200 мкВ), результат сравнения передает на сервопривод. Угол поворота сервопривода регулируется длительностью ЭМГ. Если на микроконтроллер поступает входной сигнал, ниже установленного диапазона, значит, мышцы находятся в состоянии покоя и двигатель принимает исходное состояние до следующей активности мышц. Диапазон значений, регулирующих работу микроконтроллера, устанавливается для каждого пациента индивидуально.

4.4. Исследование биоэлектрической активности мышц предплечья

В данном исследовании проводится изучение биоэлектрической активности мышц здоровой конечности, в частности, предплечья с целью определения электрически активных зон, зависимости биоэлектрической активности мышц от геометрического положения электродов. Применяемый электромиограф на наносенсорах [7,8] позволяет измерять биоэлектрическую активность мышц в частотном диапазоне от 0 до 10000 Гц и минимальным порогом чувствительности изменения потенциала (0,3 мкВ) без стандартных фильтрующих цепей. Высокий уровень помехоустойчивости объясняется использованием наносенсоров, исключающих большую часть негативных эффектов электродов, таких как поляризация во время эксплуатации, высыхание контактных электролитов в результате продолжительного использования.

Практическая часть исследования заключалась в регистрации миографических сигналов с различных позиций предплечья, при выполнении циклически повторяющихся изолированных движениях пальцев руки и всей кисти. Во время каждого из экспериментов выполнялось три вида повторяющихся упражнений: расслабленное состояние пальцев, слабое медленное сгибание пальца в фалангах, сгибание пальца с напряжением. Кроме того производилась дополнительная серия упражнений, заключавшаяся в одновременном сгибании всех пальцев кисти. В дополнение к этому проверялась психосоматическая реакция скелетных мышц на изменение окружения вокруг пациента. Для этих целей при проведении первого упражнения в помещении от пациента требовалось закрыть глаза на небольшой промежуток времени. Упражнения применялись к трем основным пальцам, играющим ключевую роль в работе кисти: большой, указательный и средний пальцы. Биоэлектрические сигналы отводились с поверхности предплечья при помощи биполярной конфигурации наносенсоров с общим референтным проводом. Датчики располагались на активных электрических зонах,

выбранных согласно исследованию рассредоточения биоэлектрических потенциалов Воротникова С. А. (Рис. 13) для протезов верхних конечностей [10].

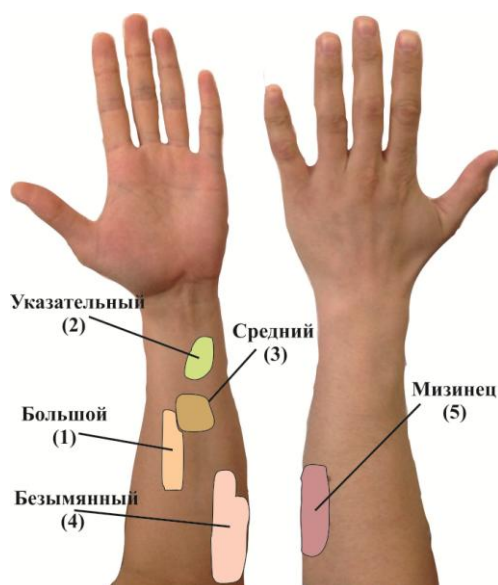


Рисунок 13 – Расположение биоэлектрически активных зон предплечья согласно Воротникову С. А. [10]

Полученные в результате исследования результаты рассмотрены на примере биоэлектрической активности указательного пальца в покое и при активных сгибаниях и разгибаниях. На рисунке 14, приведены электромиограммы состояния покоя (рисунок 14 а), мысленного напряжения мышцы (рисунок 14б), активного слабого (рисунок 14в) и сильного движения пальца (рисунок 14 г).

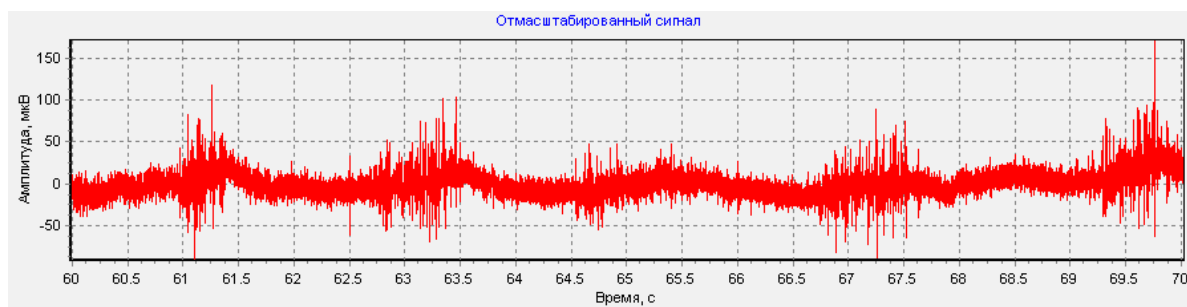
а)



б)



в)



г)



Рисунок 14 – Электромиограмма активности указательного пальца: а – состояние покоя в полосе от 0 до 10000 Гц; б – управление мысленное в полосе от 0 до 10000 Гц; в – активное слабое движение в полосе от 0 до 10000 Гц; г – активное сильное движение в полосе от 0 до 10000 Гц

Анализ электромиограммы покоя показал, что в момент, когда пациент закрыл глаза, в мышечной активности произошел психосоматический ответ (рис. 15), на изменение сенсорного восприятия мозгом окружающего пространства и психического состояния организма в виде резкого возрастания постоянной составляющей кривой электромиограммы.

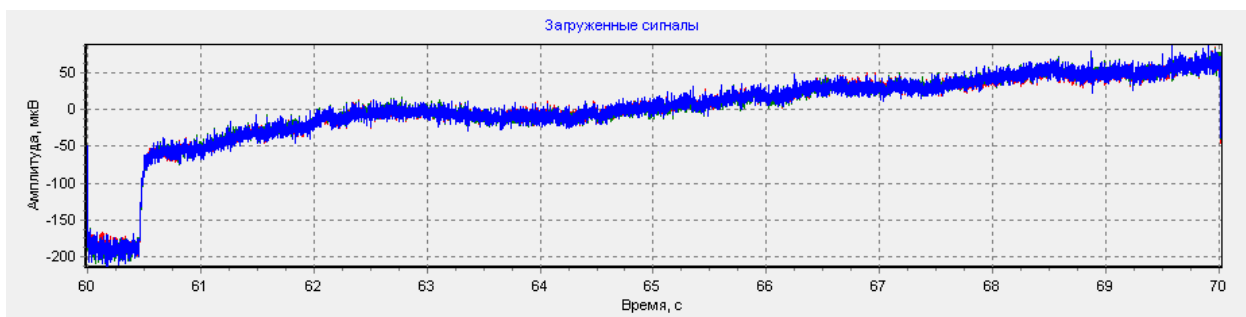


Рисунок 15 – Скачок постоянной составляющей мышечной активности в покое при закрытии глаз

Анализ электромиограммы медленной и активной фазы эксперимента показал, что предложенные Воротниковым зоны активности пальцев, расположенные на предплечье, соответствуют заявленным в публикации [10]. То есть во время работы определенного пальца возникал ярко выраженный уровень изменения потенциала, носящий периодический характер.

Миографические сигналы при работе кисти для указательного, среднего и большого пальцев по Воротникову С.А представлены на рисунке 16.

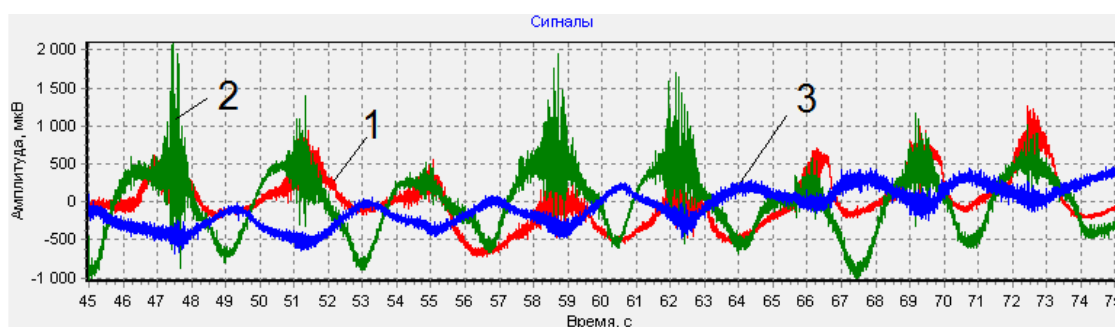


Рисунок 16 – Электромиограммы при работе кисти – (1) указательный палец, (2) средний палец, (3) большой палец:

Полученные результаты позволяют предположить, что циклически повторяющиеся колебания миоэлектрического сигнала высокого разрешения, синхронно изменяющиеся с движением пальца, могут применяться для создания биоэлектрического протеза, со всеми активными пальцами кисти.

4.5 Расчет принципиальной схемы блока управления

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что для дальнейшей работы с сигналами его необходимо усилить и отфильтровать. Исходя из этого, следует, что расчеты целесообразно начать с предусилителя.

В качестве предусилителя будем использовать ИМС реализованную на 3-х операционных усилителях (рис. 17).

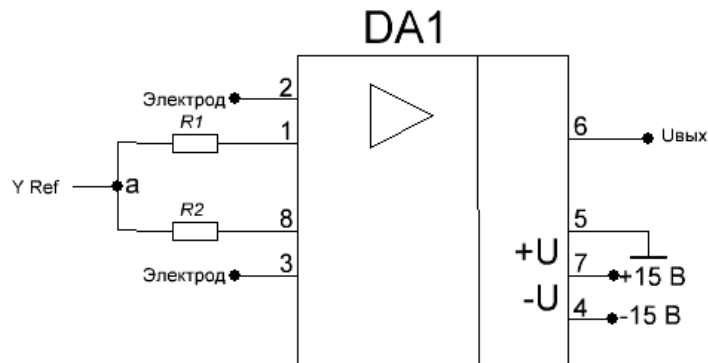


Рисунок 17 – Дифференциальный усилитель на 3 ОУ INA128P

Выбираем схему INA128P Американской компании Burr-Brown [13] имеющую следующие параметры (табл. 3):

Таблица 3 – Характеристики INA128P

Тип	Усиление, G	Усмещение, мкВ	Темп. Дрейф нуля, мкВ/°С	К подавления синфазной помехи при G=100дБ	Малосигнальная полоса пропускания при G=100 МГц	Диапазон входных напряж. В	Диапазон напряж. Питания, В	Ток потребления, мА	Корпус
INA128P	1-10000	0,002	50	0,5	120	200	±15	0,7	DIP-8, SO-8

Величина сигнала на электродах не превышает 10 мкВ, для дальнейшей работы усилим данный сигнал, например, в 50 раз. Величина коэффициента усиления для данной микросхемы задается резисторами R_1 и R_2

$$G = 1 + \frac{50 \text{ kOhm}}{R_G} \quad (1)$$

$$\text{В данном случае } R_G = R_1 + R_2, \quad (2)$$

$$\text{следовательно, } \frac{R_G}{2} = R_1 = R_2. \quad (3)$$

Найдем минимальное значение сопротивления резисторов для получения необходимого коэффициента усиления:

$$50 = 1 + \frac{50 * 10^3}{R_G}$$

$$R_G = 1020 \text{ Ом}$$

$$\frac{R_G}{2} = R_1 = R_2 = 510 \text{ Ом}$$

Воспользуемся рядом E24 и примем $R_1 = R_2 = 510 \text{ Ом}$

Пересчитаем коэффициент усиления:

$$G = 1 + \frac{50 * 10^3}{44} = 50$$

Данные номиналы резисторов удовлетворяют заданным требованиям. Зная напряжение и сопротивление резисторов, найдем мощность:

$$P_{R_1} = \frac{U_{R1}^2}{R_1} = 0,44 \text{ Вт} \quad (4)$$

Так как резисторы одинаковые, мощность тоже будет одинаковой.

Выбираем резисторы из справочника [14]:

$$R_1: \text{C1- 4} - 0,5 - 510 \text{ Ом} \pm 5\%$$

$$R_2: \text{C1- 4} - 0,5 - 510 \text{ Ом} \pm 5\%$$

Данный усилитель обладает высоким коэффициентом подавления синфазного сигнала и высоким коэффициентом усиления. Дифференциальный усилитель позволяет вычитать из общего сигнала синфазную помеху (далее – помеху), которую можно наблюдать в точке **а** и, оставляет только действующее значение, но идеального результата, конечно, не даёт. Избавление от помехи обеспечивается подключением референтного электрода через усилитель и повторитель к дифференциальному усилителю (рис.18). Предполагается, что на

этом электроде полезный сигнал отсутствует, поэтому в случае использования дифференциального усилителя на электроде будет наблюдаться только синфазная помеха.

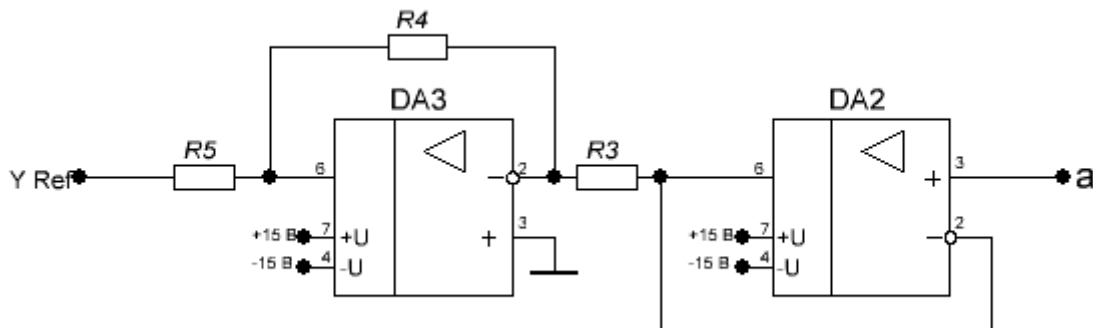


Рисунок 18 – Схема формирования референтного электрода

Схема формирования референтного электрода состоит из повторителя, который обеспечивает большое входное сопротивление, усилителя предназначенного для создания нужной амплитуды сигнала и защитного резистор R_5 .

Выберем операционный усилитель (ОУ) из справочника [15] КР544УД1

Таблица 4 – Характеристики ОУ КР544УД1

Тип ОУ	K_0 , 10^3	$U_{см}$, мВ	$\Delta U_{см}/\Delta T$, мкВ/°С	$I_{вх}$, нА	f_1 , МГц	$dU_{вых}/dt$, В/мкс	$K_{сф}$, дБ	$\Delta U_{вых}$, В	$I_{пот}$, мА	$U_{ип}$, В
КР544УД1	150	25	30	0,15	1	5	80	10	3,5	± 15

Расчет усилителя схемы формирования референтного электрода:

- зададимся коэффициентом усиления 40. Коэффициент усиления данной схемы зависит от сопротивления резисторов R_3 и R_4 и равен:

$$K = -\frac{R_4}{R_3} \quad (5)$$

Исходя из заданного соотношения, выбираем номиналы резисторов из ряда E24

$$R_3 = 10 \text{ кОм} \text{ и } R_4 = 0,4 \text{ МОм}$$

Данные номиналы резисторов удовлетворяют заданным требованиям. Зная напряжение и сопротивление резисторов, найдем мощность:

$$P_{R_3} = \frac{U_{R_3}^2}{R_3} = 0,0225 \text{ Вт}$$

$$P_{R_4} = \frac{U_{R_4}^2}{R_4} = 0,56 \text{ мВт}$$

Выберем номинал защитного резистора R_5 равный резистору R_4 .

Выбираем резисторы из справочника [14]:

R_3 : С2- 29В – 0,062 – 10 кОм $\pm 5\%$

R_4 : С3- 14 – 0,01 – 400 кОм $\pm 5\%$

R_5 : С3- 14 – 0,01 – 400 кОм $\pm 5\%$

Чтобы избавиться от шума, который усиливает дифференциальный усилитель, на выход ставится полосовой фильтр. Фильтр также помогает подавить любой постоянный ток, что может привести к искажению сигнала. Для данной цели используем фильтр Саллена — Ки. Он состоит из фильтра верхних и нижних частот и представляет собой полосовой фильтр. Фильтр верхних частот с частотой среза 20 Гц отсекает все артефакты движения, но пропускает верхний частотный диапазон.

Фильтр верхних частот соединяется с низкочастотным фильтром с частотой среза 500 Гц.

Коэффициент усиления полосового фильтра равен 1, так как коэффициент усиления ФВЧ и ФНЧ также равны единице.

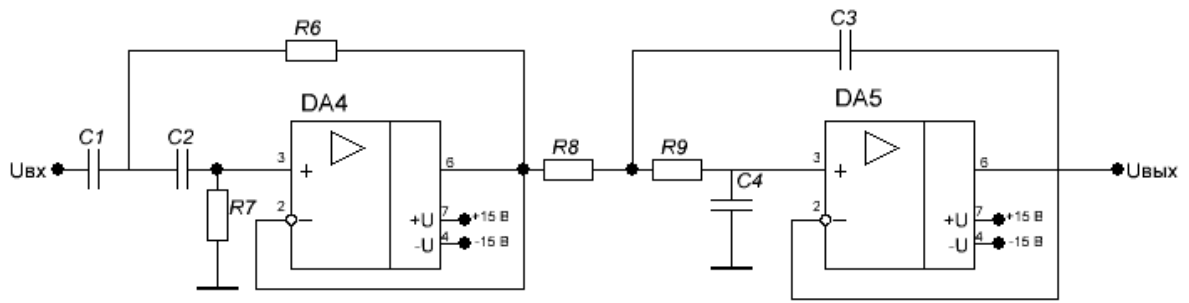


Рисунок 19 – Полосовой фильтр Салена – Ки второго порядка состоящий из ФВЧ и ФНЧ

Используемый полосовой фильтр состоит из фильтра НЧ и ВЧ Салена – Ки второго порядка. Выберем операционный усилитель из справочника [15] КР544УД1, характеристики данного усилителя представлены в таблице 4.

Для расчета полосового фильтра зададимся частотой среза для ФВЧ $F_{cp} = 20$ Гц и ФНЧ $F_{cp} = 500$ Гц.

Расчет ФВЧ:

- зададимся значением емкости конденсаторов:

$$C_1 = C_2 = 680 \text{ нФ}; \quad (6)$$

- определим значение сопротивления резисторов:

$$R_6 = R_7 = \frac{1}{2\pi * F_{cp} * C} = 11,7 \text{ кОм} \quad (7)$$

Воспользуемся рядом E24 и примем $R_6 = R_7 = 12 \text{ кОм}$;

- пересчитаем частоту среза:

$$F_{cp} = \frac{1}{2\pi * \sqrt{R_6 * R_7 * C_1 * C_2}} = 19,59 \text{ Гц} \approx 20 \text{ Гц} \quad (8)$$

Данные номиналы резисторов удовлетворяют заданным требованиям.

- зная напряжение и сопротивление резисторов, найдем мощность:

$$P_{R_1} = \frac{U_{R_6}^2}{R_6} = 0,019 \text{ Вт}$$

Так как резисторы одинаковые, мощность тоже будет одинаковой.

Выбираем резисторы и конденсаторы из справочника [14]:

R_6 : C2 -29В -0,062 -12 кОм $\pm 5\%$

R_7 : C2- 29В -0,062- 12 кОм $\pm 5\%$

C_1 : K53-1-30 В -0,68 мкФ

C_2 : K53-1-30 В -0,68 мкФ

Расчет ФНЧ:

- зададимся значением емкости конденсаторов:

$$C_3 = C_4 = 62 \text{ нФ};$$

- определим значение сопротивления резисторов:

$$R_8 = R_9 = \frac{1}{2\pi * F_{cp} * C} = 5,13 \text{ кОм}$$

Воспользуемся рядом E24 и примем $R_6 = R_7 = 5,1 \text{ кОм}$;

- пересчитаем частоту среза:

$$F_{cp} = \frac{1}{2\pi * \sqrt{R_8 * R_9 * C_3 * C_4}} = 505 \text{ Гц}$$

Данные номиналы резисторов удовлетворяют заданным требованиям.

- зная напряжение и сопротивление резисторов, найдем мощность:

$$P_{R_8} = \frac{U_{R_8}^2}{R_8} = 0,44 \text{ Вт}$$

Так как резисторы одинаковые, мощность тоже будет одинаковой.

Выбираем резисторы и конденсаторы из справочника [14]:

R_8 : C2 -29В -0,062 -5,1 кОм $\pm 5\%$

R_9 : C2- 29В -0,062- 5,1 кОм $\pm 5\%$

C_3 : К53-1-30 В -0,062 мкФ

C_4 : К53-1-30 В -0,062 мкФ

Из-за своей природы, сигнал ЭМГ чередуется с множеством частотных составляющих, и чтобы его использовать для управления механизмом его необходимо преобразовать. Для этой цели в цепь ставится универсальный двухполупериодный выпрямителя [16], который используется для усреднения и получения положительной части сигнала, но перед этим усилим сигнал в 20 раз. Схема неинвертирующего усилителя представлена на рисунке 20.

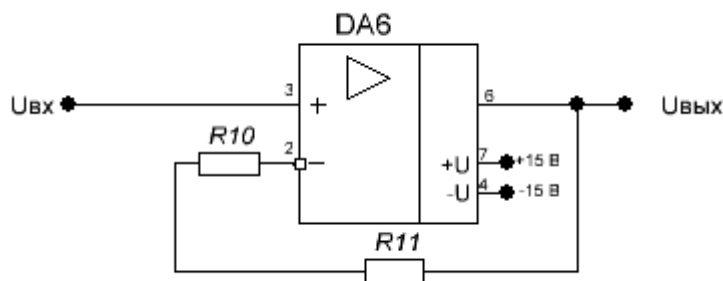


Рисунок 20 – Схема неинвертирующего усилителя

Расчет коэффициента усиления неинвертирующего усилитель:

- зададимся коэффициентом усиления 20. Коэффициент усиления данной схемы зависит от сопротивления резисторов R_{11} и R_{12} и равен:

$$K = 1 + \frac{R_{11}}{R_{10}} \quad (9)$$

Исходя из заданного соотношения, выбираем номиналы резисторов из ряда E24 $R_{11} = 200 \text{ кОм}$ и $R_{10} = 10 \text{ кОм}$.

Данные номиналы резисторов удовлетворяют заданным требованиям. Зная напряжение и сопротивление резисторов, найдем мощность:

$$P_{R_{10}} = \frac{U_{R_{10}}^2}{R_{10}} = 0,0225 \text{ Вт}$$

$$P_{R_{11}} = \frac{U_{R_{11}}^2}{R_{11}} = 0,001125 \text{ Вт} = 1,125 \text{ мВт}$$

Выбираем резисторы из справочника [14]:

R_{10} : C2- 29B – 0,062 – 10 кОм $\pm 5\%$

R_{11} : C3- 14 – 0,01 – 200 кОм $\pm 5\%$

Схема двухполупериодного усилителя представлена на рисунке 21.

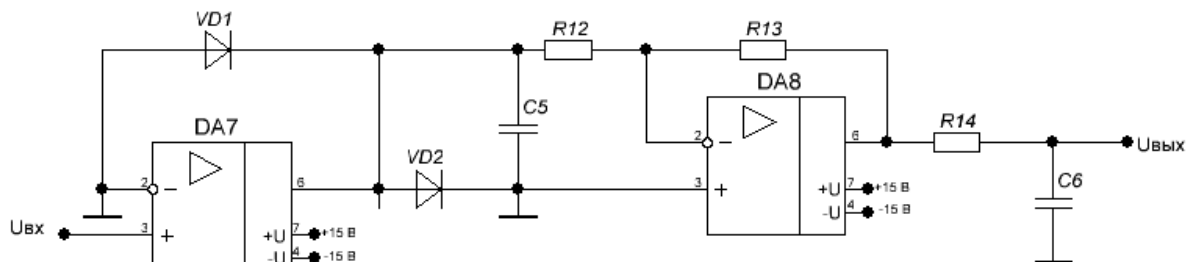


Рисунок 21 – Схема двухполупериодного выпрямителя и ФНЧ

Преимуществом данного выпрямителя является то, что он практически не подавляет сигнал, что является очень важным критерием в нашем случае.

Затем выпрямленный сигнал подлежит низкочастотной фильтрации для сглаживания пульсаций в сигнале.

В схеме двухполупериодного выпрямителя будем использовать КР544УД1. Характеристики которого представлены в таблице 4.

Выберем из справочника [17] диоды VD_1 и VD_2 2Д204А со следующими электрическими параметрами:

Таблица 5 – Характеристики диода 2Д204А

Предельные значения параметров при $T = 25^\circ \text{C}$			Значения параметров при $T=25^\circ \text{C}$				$T_{\text{к. макс}}$ ($T_{\text{п.}}$) $^\circ \text{C}$
$U_{\text{обр. макс.}}$ ($U_{\text{обр. и. макс.}}$) В	$I_{\text{пр. макс.}}$ ($I_{\text{пр. и. макс.}}$) А	$I_{\text{прг.}}$ А	$f_{\text{раб.}}$ ($f_{\text{макс.}}$) кГц	$U_{\text{пр.}}$ В	при $I_{\text{пр.}}$ А	$I_{\text{обр.}}$ мА	

50	1	2	5	1.4	0.6	0.05	125
----	---	---	---	-----	-----	------	-----

Исходя из рекомендаций [16] выбираем конденсатор $C_5 = 100\text{пФ}$. Этот конденсатор ставится для обеспечения устойчивости ОУ и частотной коррекции.

Выбираем конденсатор из справочника [14]:

C_5 : К10 – 17 – 25 В -100пФ

Коэффициент усиления данной схемы зависит от сопротивления резисторов R_{12} и R_{13} и равен:

$$Ku = \frac{R_{13}}{R_{12}} \quad (10)$$

В данном случае у нас стоит цель только выпрямить сигнал, не усиливая его, следовательно, коэффициент усиления принимаем равный 1.

Зададимся номиналами резисторов:

$$R_{12} = R_{13} = 10\text{к Ом}$$

Зная напряжение и сопротивление резисторов, найдем мощность:

$$P_{R_{12}} = \frac{U_{R_{12}}^2}{R_{12}} = 0,0225 \text{ Вт}$$

Так как резисторы одинаковые, мощность тоже будет одинаковой.

Выбираем резисторы и конденсаторы из справочника [14]:

R_{12} : С2 -29В -0,062 -10 кОм $\pm 5\%$

R_{13} : С2- 29В -0,062- 10 кОм $\pm 5\%$

Произведем расчет фильтра НЧ

- зададимся частотой среза $F_{cp} = 2,8 \text{ Гц}$;
- зададимся величиной емкости конденсатора $C_6 = 5,6 \text{ мкФ}$;
- рассчитаем сопротивление резистор R_{14} по формуле:

$$R_{14} = \frac{1}{2\pi * F_{cp} * C_6} = 10,155 \text{ кОм} \quad (11)$$

Воспользуемся рядом E24 и примем $R_{14} = 10 \text{ кОм}$;

- пересчитаем частоту среза:

$$F_{cp} = \frac{1}{2\pi * R_{14} * C_6} = 2,84 \text{ Гц}$$

Данные номиналы резисторов удовлетворяют заданным требованиям.

- зная напряжение и сопротивление резисторов, найдем мощность:

$$P_{R_{14}} = \frac{U_{R_{14}}^2}{R_{14}} = 0,0225 \text{ Вт}$$

Выбираем резисторы и конденсаторы из справочника [14]:

R_{14} : С2 -29В -0,062 -10 кОм $\pm 5\%$

C_6 : К53-1-30 В -5,6 мкФ

После всех преобразований сигнал поступает на блок формирования команд, где преобразуется в механическое движение. Принципиальная схема блока управления представлена в Приложении А.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособного способа управления протезом кисти отвечающего современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- оценивание потенциальных потребителей результатов исследования;
- анализ конкурентных технических решений и SWOT–анализ;
- планирование работ в рамках научного исследования и определения трудоемкости этих работ;
- разработка графика проведения научно-исследовательской работы;
- планирование бюджета научно–технического исследования;
- проведение расчетов: материальных затрат на НТИ, основной и дополнительной заработной платы исполнителям темы, отчислений во внебюджетные фонды и накладных расходов;
- оценка эффективности исследования.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для производства протеза требуются большие знания в области медицины, материаловедения, электроники и механики. В основном в процессе производства участвует несколько групп, которые отвечают за производство и эксплуатацию каждого элемента протеза.

Материалы данной работы могут быть использованы НИИ, предприятия

специализирующимися на производстве комплектующих частей протеза, а также предприятиями в целом занимающимися производством протезов.

5. 1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для сравнения конкурентоспособности используем способы управления биоэлектрическими протезами кисти. В качестве конкурентов будем рассматривать два метода: нейрокомпьютерный метод (К2), нейроэлектрический метод (К3). Преимуществом использования первого метода, в том, что он возможен при параличе конечностей. Второй метод дает возможность возвращения чувствительности путем электрической стимуляции сенсорных нервных волокон. Недостатком обоих этих методов является инвазивность. Метод, предлагаемый в данной работе (К1).

Оценивание баллов будет по пяти бальной шкале, где 1 – очень плохо, 2 – плохо, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5- отлично.

Таблица 6– Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{К1}	Б _{К2}	Б _{К3}	К _{К1}	К _{К2}	К _{К3}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение работоспособности пациента	0.1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
2. Удобство в эксплуатации	0.1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
3. Помехоустойчивость	0.05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
4. Надежность	0.05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
5. Безопасность	0.1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
6. Возможность получения моментального результата	0.1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
7. Количество степеней свободы	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0.05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
2. Цена	0.1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0.1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Послепродажное обслуживание	0.1	4	2	2	0,4	0,2	0,2
5. Финансирование научной разработки	0.05	4	3	3	0,2	0,15	0,15

Итого	1	73	64	62	4,25	3,45	3,25
--------------	----------	-----------	-----------	-----------	-------------	-------------	-------------

Для анализа конкурентных технических решений используем формулу:

$$K = \sum B_i \cdot \Gamma_i \quad (12)$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Γ_i – балл i -го показателя.

Рассчитав конкурентоспособность трех методов, можно сказать, что конкурентоспособность метода $K1$ составляет 4,25, $K2$ – 3,45, а $K3$ – 3,25. Таким образом метод $K1$, который предлагается в настоящей работе, более конкурентоспособен, чем методы $K2$ и $K3$.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ способствует выявлению слабых и сильных сторон проекта, также возможностей и угроз, то есть поможет рассмотреть данный проект (работу) со стороны внешних и внутренних факторов.

Таблица 6– Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1 Актуальность. С2. Востребованность С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Простота использования С5. Минимальный вред	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Низкая помехоустойчивость Сл3. Ограниченное количество степеней свободы Сл.4 Необходимость исследовательской работы Сл. 5 Отсутствие квалифицированного персонала
Возможности: В1. Использование ресурсов инфраструктуры ТПУ		

В2. Усовершенствование метода путем модернизации способа управления В3.Появление дополнительного спроса на новый продукт В4.Повышение стоимости конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2.Отсутствие финансирования У3.Дополнения к государственным требованиям о сертификации продукции		

Следующим шагом SWOT-анализа является выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	-	-
	B2	+	+	-	+	+
	B3	+	+	-	+	+
	B4	+	+	+	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей:

- B1B4C1C2C3
- B2B3C1C2C4C5

Таблица 8–Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	+	+	-	+

	B2	-	+	+	+	+
	B3	-	+	+	+	-
	B4	-	+	+	-	+

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих слабых сторон и возможностей:

- B1B4Сл2Сл3Сл5
- B2Сл2Сл3Сл4Сл5
- B3Сл2Сл3Сл4

Таблица 9–Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угроза проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	-	-	-
	У2	-	+	+	+	-
	У3	-	+	+	+	+

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и угроз:

- У1С1С2
- У2С2С3С4
- У3С2С3С4С5

Таблица 10 –Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угроза проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	+	+	+
	У2	+	-	+	+	+
	У3	-	+	-	+	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих слабых сторон и угроз:

- У1Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5
- У2Сл1Сл3Сл4Сл5
- У3Сл2Сл4

Составив и проанализировав интерактивную матрицу проекта, составим итоговую матрицу SWOT-анализа.

Таблица 11 –SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1 Актуальность. С2. Востребованность С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Простота использования С5. Минимальный вред	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Низкая помехоустойчивость Сл3. Ограниченное количество степеней свободы Сл.4 Необходимость исследовательской работы Сл. 5 Отсутствие квалифицированного персонала
Возможности: В1. Использование ресурсов инфраструктуры ТПУ В2. Усовершенствование метода путем модернизации способа управления В3.Появление дополнительного спроса на новый продукт В4.Повышение стоимости конкурентных разработок	Использование ресурсов ТПУ позволяет обеспечить относительно невысокую цену, по сравнению с зарубежными аналогами. Минимальный вред обеспечивается использованием неинвазивного метода управления. Эти критерии повышают спрос на продукт	Для того, чтобы возможности метода были реально выполнимы необходимо осуществить исследовательскую работу, что в то же время поможет избавиться от недостатков метода.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2.Отсутствие финансирования У3. Дополнения к государственным требованиям о сертификации продукции	Востребованность может оказаться недостаточной в связи с тем, что потребитель будет отдавать предпочтение проверенной фирме, с относительно быстрым сроком реализации изделия, за счет большого опыта в данной сфере деятельности	Недостаточный спрос может способствовать отсутствию финансирования, в то время как оно необходимо на исследовательские работы, которые необходимы для создания прибора и дальнейшего устранения недостатков, таких как низкая помехоустойчивость.

В результате анализа интерактивных матриц проекта, получаем таблицу, которая отображает самые важные параметры, которые в полной мере показывают сильные и слабые стороны проекта.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 12–Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Твердохлебов С.И.– руководитель; Захарченко Е.А.– студент.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель Студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Поиск оптимального способа управления	Студент
	7	Исследование выбранного способа управления, анализ полученных данных и оценка возможности его использования в дальнейшем.	Руководитель Студент
	8	Выбор способа крепления протеза	Руководитель Студент
	9	Разработка структурной схемы протеза и принципиальной схемы блока управления им.	Студент
	10	Расчет принципиальной схемы	Студент
	11	Оценка эффективности производства и применения схемы в протезировании	Студент
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	13	Отчет по работе	Студент Руководитель

5. 2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого значения трудоемкости используем формулу:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (13)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человек-день.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка), человек-день.

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5} = 1,8.$$

После того, как рассчитали $t_{\text{ож}i}$, рассчитываем продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ож}i}}{\text{Ч}_i}, \quad (14)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

$$T_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ож}i}}{\text{Ч}_i} = 0,6$$

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (15)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (16)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = 1,5$$

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 0.9$$

Рассчитанные значения снесли в таблицу (табл. 13).

.

Таблица 13 –Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож\acute{c}i}$, чел-дни					
	Руководител ь	Студент	Руководител ь	Студент	Руководител ь	Студент	Руководител ь	Студент	Руководител ь	Студент
Составление и утверждение технического задания	1	-	5	-	3	-	1	-	2	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	10	-	20	-	14	-	10	-	15
Выбор направления исследований	1	5	3	15	2	9	1	5	2	8
Календарное планирование работ по теме	1	3	3	5	2	4	1	3	2	5
Поиск оптимального способа управления	-	15	-	30	-	21	-	15	-	23
Исследование выбранного способа управления, анализ полученных данных и оценка возможности его использования в дальнейшем.	2	3	4	6	3	4	2	3	3	5
Выбор способа крепления протеза	5	28	7	28	6	28	5	28	8	42
Разработка структурной схемы протеза и принципиальной схемы блока управления им.	-	15	-	20	--	17	-	15	-	23
Расчет принципиальной схемы	-	15	-	20	-	17	-	15	-	23
Оценка эффективности производства и применения схемы в протезировании	-	2	-	3	-	3	-	2	-	3
Оценка эффективности полученных результатов	-	2	-	3	-	3	-	2	-	3
Отчет по работе	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3

На основе табл. 13 строится календарный план-график.

Таблица 14–Календарный план-график проведения НИОКР

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ																	
				Январ.			Февр.			Март			Апрель			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2																		
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	15																		
3	Выбор направления исследований	Руководитель Студент	8																		
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Студент	5																		
5	Поиск оптимального способа управления	Студент	23																		
6	Исследование выбранного способа управления, анализ полученных данных и оценка возможности его использования в дальнейшем.	Студент Руководитель	8																		
7	Выбор способа крепления протеза	Руководитель Студент	42																		
8	Разработка структурной схемы протеза и принципиальной схемы блока управления им.	Студент	23																		
9	Расчет принципиальной схемы	Студент	23																		
10	Оценка эффективности производства и применения схемы в протезировании	Студент	3																		
11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	3																		
12	Отчет по работе	Студент Руководитель	3																		

Руководитель

Студент



5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Таблица 15 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, (З _м), руб.	
		Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель
Ручка шариковая	Штук	10	5	30	30	300	150
Упаковка бумаги А4	Упаковка	2	-	300	-	300	-
Итого						600	150

Таблица 16 –Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Единица измерения	Кол-во единиц оборудования.	Цена единицы оборудования, тыс. руб	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Наносенсорные электроды	Штук	5	1500	7500
Электромиограф	Штук	1	700000	700000
Итого				707500

Итого по статье «материальные затраты»: 708 250 руб.

3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчеты основной заработной платы приведены в таблице 3 (приложение Д).

Таблица 17 –Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	55	30
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	192	217

Таблица 18–Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Должность	k_t	$Z_{тс},$ руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	$Z_m,$ руб.	$Z_{дн},$ руб.	$T_p,$ раб.дн.	$Z_{осн},$ руб.
Руководитель	Доцент	0.2	26300	0.3	0.5	1.3	71799	2659	46	122 324
Студент	-	0.2	17000	0.3	0.5	1.3	39780	1473	123	181 179
Итого $Z_{осн}$										303 503

5.3.3 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 19.

Таблица 19 –Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	Доля от общей суммы, проценты
Материальные затраты НТИ	650	0,064
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	707 500	68,96
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	303 503	30,85
Итого:	1011 653	

5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (17)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12).

$З_{\text{доп}}(\text{Руководитель}) = 14\,678 \text{ руб.}$

$З_{\text{доп}}(\text{Студент}) = 21\,741 \text{ руб.}$

5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (18)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 20– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	122 324	14 678
Студент	181 179	21 741
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого $Z_{\text{внеб}} = 101\,976$ руб.		

5.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина

определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (19)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$З_{\text{накл}} = 184\,023 \text{ руб.}$$

5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 21.

Таблица 21– Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля от общей суммы, проценты
4. Материальные затраты НТИ	650	0,047
5. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	707 500	52,12
6. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	303 503	23,26
7. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	36 419	2,79
8. Отчисления во внебюджетные фонды	101 976	7,8
9. Накладные расходы	184 023	13,98
Бюджет затрат НТИ	1334 071	100

5.4. Оценка эффективности исследования

В данном разделе были рассмотрены сильные и слабые стороны проводимой работы. Определено, что в сравнении с известными методами

управления, метод представленный в данной работе, отличается рядом преимуществ. В эксплуатации прибор, который возможно разработать на основе метода, представленного в работе, удобен и практичен, позволяет осуществить действия недоступные конкурентам, а именно: осуществлять активные действия каждым пальцем кисти. Данная особенность работы очень важна людям, а которых активность мышц предплечья еще сохранилась. Данный метод не требует внедрение электродов в тела человека, что также является огромным преимуществом.

В данном разделе было доказано, что метод, представленный в работе, обладает высокой конкурентоспособностью.

Также по результатам SWOT-анализа были выявлены слабые и сильные стороны проекта, его возможности и угрозы.

Проведено планирование научно-технических работ. Подробно рассмотрена структура работ в рамках научного исследования. Построен график.

Сформирован полный бюджет научно-исследовательского проекта. Результаты исследования являются приемлемыми и не препятствуют дальнейшему проведению исследований.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

При выполнении дипломной работы большая часть времени проводилась в лабораториях. В них выполнялась оценка остеointеграции на костного имплантата, съем биосигналов с мышц человека, расчет биоэлектрической схемы. Помещение для оценки остеointеграции оснащено электронным микроскопом высокого разрешения. Лаборатория для съема биосигналов оснащена ЭМГ, ЭКГ и реографическим аппаратами. Рабочее место для выполнения расчетов оснащено персональным компьютером.

Все перечисленные рабочие зоны находятся внутри здания, следовательно, на людей находящихся в нем могут действовать следующие вредные и опасные факторы: отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, превышение уровня шума, электрический ток, пожар. Воздействие вредных производственных факторов на рабочих может привести к заболеванию и снижению производительности труда.

6.1 Производственная безопасность

При организации рабочего места, следует принять во внимание тот факт, что качество и производительность труда, зависят от существующих на данном рабочем месте условий труда и соответствия этих условий установленным нормам. Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный труд и должна соответствовать ГОСТ 22269–76.

Во время работы с компьютером, микроскопом и ЭМГ- аппаратом возможно воздействие следующих опасных и вредных факторов:

- отклонение показателей микроклимата;
- повышенный уровень шума на рабочем;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;

К работам с компьютером, микроскопом и ЭМГ - аппаратом допускаются лица:

- прошедшие медицинское обследование;
- вводный инструктаж по электробезопасности;
- прошедшие курс обучения принципам работы с вычислительной техникой и специальное обучение работе на ПЭВМ с использованием конкретного программного обеспечения;
- ознакомленные с инструкциями по эксплуатации на используемые на рабочем месте средства оргтехники (собственно ПЭВМ, принтеры, сканеры, источники бесперебойного питания и т.п.);
- прошедшие проверку знаний правил по охране труда и пожарной безопасности.

6.1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности

- *Отклонение параметров микроклимата при проведении исследований*

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. микроклимата рабочего места. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий может резко ухудшать его самочувствие, снизить производительность труда и привести к заболеваниям.

Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения:

- Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, и может привести к перегреву организма, вызвать нарушение

терморегуляции, к ухудшению самочувствия, снижению внимания, тепловому удару, увеличению нагрузки на сердце.

- Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее переохлаждение организма, стать причиной простудного заболевания, привести к заболеваниям периферийной нервной системы (радикулит, бронхит, ревматизм).

- Низкая влажность может вызывать пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей человека.

- Подвижность воздуха эффективно способствует теплоотдаче организма человека и положительно проявляется при высоких температурах и отрицательно при низких.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 1 для категории Ib, к ней относятся работы с интенсивностью энерготрат 121 - 150 ккал/ч (140 - 174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Микроклимат комнаты поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года

Таблица 22– Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Из таблицы 22 видно, что в анализируемой комнате параметры микроклимата соответствуют нормам.

- *Повышенный уровень шума на рабочем месте*

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к утомлению организма. Интенсивный шум вызывает изменения сердечнососудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин изложены в ГОСТ 12.1.029–80. Шум на рабочих местах также может проникать извне через открытые проемы форточек, окон и дверей из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр

измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБа), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром (таблица 23).

Таблица 23 – Уровни звукового давления (по ГОСТ 12.1.003–83)

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБа
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами.

- *Недостаточная освещенность рабочей зоны*

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рабочее место инженера должно освещаться как естественным, так искусственным освещением. Естественное освещение проникает в помещение через окна в светлое время суток. Естественное освещение по своему спектральному составу является наиболее приемлемым. Искусственное же отличается относительной сложностью восприятия его зрительным органом человека.

Недостаточная освещенность рабочего места не только уменьшает остроту зрения, но и вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний человека.

Больше всего времени проводилось в лаборатории за ПЭВМ. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться

системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана.

Требования к освещению помещений жилых и общественных зданий приведены в таблице 24.

Таблица 24. – Требования к освещению помещений жилых и общественных зданий

Искусственное освещение		Естественное освещение, КЕО ξ_n , %, при	
Освещенность на раб.поверхности от сист. общего освещения, лк	Коэффициент пульсации освещенности $K_{п}$, %, не более	Верхнем или комбинированном	Боковом
300	20	2,5	0,7

Рекомендуемая освещенность для работы с экраном дисплея составляет 200 лк, а при работе с экраном в сочетании с работой с документами 400 лк согласно СП 52.13330.2011.

1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности

- *Электробезопасность*

Комната, в которой выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности, поскольку она характеризуется следующими признаками: температура воздуха и влажность в норме, отсутствие сырости. Но в процессе деятельности с компьютером и различными устройствами, работающими от источника тока, может возникнуть опасность поражения электрическим током. Основными причинами этого могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением.

С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением устройств в сеть должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус прибора;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети приборы;
- запрещается при включенных электрических устройствах одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

6.2 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение

электрооборудования, ПЭВМ, различных средств вычислительной техники значительно упрощают процесс проектирования, эксплуатации, а также утилизации и защиты природы от вредных воздействий человечества. Например, инженер, использует электронные пакеты обработки и носителей информации, что значительно сокращает применение бумаги, а значит и вырубку тысячи гектаров леса. Но применение электронных устройств приводит к увеличению затрат на электроэнергию, возрастает количество электростанций и их мощность. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии. Проблему с выбросом перегоревших люминесцентных ламп можно частично решить при выполнении требований утилизации соответствующих ламп.

При написании дипломного проекта были следующие отходы: использованная бумага, которая в ходе ее непригодности выкидывалась в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Производство протеза предполагает изготовление на 3D принтере каркаса кисти и изготовление блока управления. Блок управления включает в себя печатную плату с набором радиоэлементов, в состав которых входят драгоценные металлы, а крепление этих элементов к плате осуществляется за счет припоя. Припой содержит сплав олова и свинца, который является токсичным металлом, следовательно, требует правильной утилизации. Для утилизации печатных узлов предназначены специальные пункты сдачи, в которых извлекаются драгоценные материалы для повторного использования, а свинец утилизируется по соответствующим требованиям. Предполагаемый материал для изготовления каркаса – пластмасса. На данный момент существует несколько способов утилизации пластмассы:

1. сжигание пластмасс на свалках вместе с остальным мусором;
2. захоронение в землю;
3. вывод отходов из общей массы, переработка и «новая» жизнь в качестве изделий из той же пластмассы;
4. сложная обработка (пиролиз) и превращение в топливо.

Первые два способа загрязняют окружающую среду. Для последних двух способов необходимо специальное оборудование, следовательно, на данном этапе отходы будут выбрасываться в специальный контейнер для пластиковых изделий, содержимое которого в дальнейшем будет переработано на предприятии, имеющем данное оборудование.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации – это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов, терроризм, войны.

Промышленные здания могут обеспечивать лишь частичную защиту от радиации и для защиты населения от поражающего воздействия должны применяться специальные сооружения:

- противорадиационные укрытия, которые строятся из подручных материалов;
- убежища с упрощенной фильтровентиляционной системой;

- убежища с фильтровентиляционным оборудованием промышленного изготовления.

При проектировании новых цехов необходимо предусмотреть строительство убежища для защиты работающей смены. Убежища должны обеспечивать защиту от проникающей радиации и радиоактивного заражения, оборудоваться вентиляционными установками, санитарно–техническими приборами, а также средствами очистки от отравляющих веществ и биологических аэрозолей. В убежище необходимо предусмотреть отсеки для укрытия людей, санитарные узлы, фильтровентиляционную камеру, кладовую для хранения продуктов питания, вход и аварийный выход. Убежище должно иметь телефонную связь с пунктом управления предприятия и репродуктор, подключенный к городской сети. Канализация и водоснабжение убежища осуществляется на базе городских сетей. В убежищах должно предусматриваться отопление.

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Возникновение пожара в кабинете может быть обусловлено следующими факторами: в современных ПК очень высокая плотность размещения электронных схем. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество тепла, что может привести к повышению температуры отдельных узлов до 100 °С. При этом возможно оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение, как следствие - короткое замыкание, сопровождаемое искрением.

Следовательно, для целей обеспечения пожарной безопасности эксплуатации используемое электронное оборудование необходимо проверять, ремонтировать, а также проводить профилактические работ. При этом

используются различные смазочные материалы, легко воспламеняющиеся жидкости, прокладывают временные электропроводки, ведут пайку и чистку отдельных узлов и деталей. Также всегда есть вероятность дополнительной пожарной опасности, которая требует соответствующих мер пожарной профилактики.

Пожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожароопасности, анализируемые в данной работе помещения относятся к категории В.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещений предприятия;
- издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

В кабинете должны висеть огнетушители, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить его. На видном месте в коридорах вывешены инструкции и обязанности сотрудников и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Расположение рабочих мест за мониторами и другими приборами для взрослых пользователей в подвальных помещениях не допускается.

Площадь на одно рабочее место с компьютером и другими приборами для взрослых пользователей должна составлять не менее 6 м^2 , а объем не менее -20 м^3 .

Помещения с компьютерами должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Для внутренней отделки интерьера помещений с компьютерами и другими световыми приборами должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка — 0,7-0,8; для стен — 0,5-0,6; для пола — 0,3-0,5.

Поверхность пола в помещениях эксплуатации компьютеров и других световых приборов должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическими свойствами. В помещении должны находиться аптечка первой медицинской помощи.

Трудовая деятельность в лаборатории относится к категории В – творческая работа в режиме диалога с ПК, третья категория тяжести.

Режим труда и отдыха операторов, работающих с ЭВМ, должен быть следующим: через каждый час интенсивной работы необходимо устраивать 15 минутный перерыв, при менее интенсивной работе через каждые 2 часа.

Эффективность регламентируемых перерывов повышается при их сочетании с производственной гимнастикой. Производственная гимнастика должна включать комплекс упражнений, направленных на восполнение дефицита двигательной активности, снятие напряжения мышц шеи, спины, снижение утомления зрения. Она проводится в течение 5 - 7 минут 1 - 2 раза в смену (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Поскольку выполнение работ происходило в основном на ПК, то согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 к рабочей зоне предъявляется ряд требования по компоновке рабочего места оператора ЭВМ.

1. Рабочий стол должен регулироваться по высоте в пределах 680-800 мм; при отсутствии такой возможности его высота должна составлять 725 мм. Оптимальные размеры рабочей поверхности столешницы - 1400x1000 мм. Под столешницей рабочего стола должно быть свободное пространство для ног с размером по высоте не менее 600 мм, по ширине - 500 мм, по глубине - 650 мм. На поверхности рабочего стола для документов необходимо предусматривать размещение специальной подставки, расстояние которой от глаз должно быть аналогично расстоянию от глаз до клавиатуры, что позволяет снизить зрительное утомление.

2. Рабочий стул (кресло) должен быть оборудован подъемно-поворотным механизмом, обеспечивающим регулицию высоты сидений и спинки; его конструкция должна предусматривать также изменение угла наклона спинки. Рабочее кресло должно иметь подлокотники. Регулировка каждого параметра должна легко осуществляться, быть независимой и иметь надежную фиксацию. Высота поверхности сидения должна регулироваться в пределах 400-500 мм. Ширина и глубина сиденья должна составлять не менее

400 мм. Высота опорной поверхности спинки должна быть не менее 300 мм, ширина - не менее 380 мм. Радиус ее кривизны в горизонтальной плоскости - 400 мм. Угол наклона спинки должен изменяться в пределах 90-110° к плоскости сиденья. Материал покрытия рабочего стула должен обеспечивать возможность легкой очистки от загрязнения. Поверхность сиденья и спинки должна быть полумягкой, с нескользящим, не электризующим и воздухопроницаемым покрытием.

3. На рабочем месте необходимо предусматривать подставку для ног. Ее длина должна составлять 400 мм ширина - 300 мм. Необходимо предусматривать регулировку высоты в пределах от 0 - 150 мм и угла её наклона в пределах 0 - 200°. Она должна иметь рифленое покрытие и бортик высотой 10 мм по нижнему краю.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ рабочее место при выполнении работ сидя должно соответствовать следующим эргономическим требованиям:

- нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю;
- в течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается;
- всем работникам предоставляются выходные дни (еженедельный непрерывный отдых). При пятидневной рабочей неделе работникам предоставляются два выходных дня в неделю, при шестидневной рабочей неделе – один выходной день;
- работникам предоставляются ежегодные отпуска с сохранением места работы (должности) и среднего заработка;
- ежегодный основной оплачиваемый отпуск предоставляемый работникам имеет продолжительность 28 календарных дней.

Заключение

Согласно поставленной цели работы по разработке принципа управления биоэлектрическим протезом руки, были выполнены следующие задачи: проведен анализ представленных на современном рынке протезов, способов их управления и крепления, выбран способ крепления протеза, протестирован способ управления протезом, разработана структурная схема протеза, а также структурная и принципиальная схемы блока управления протезом кисти.

На основе проделанной работы можно сделать вывод, что способ крепления при помощи титанового штыря с биоактивным покрытием должен обеспечивать надежную фиксацию за счет остеointеграционных свойств. Способ наложения электродов для снятия биосигналов с мышц делает возможным создание протеза со всеми активными пальцами. Следовательно, сигнал с каждой мышцы будет проходить через индивидуальный блок структурной схемы преобразования сигнала. Наличие пяти аналогичных блоков усиления и преобразования сигнала, безусловно, увеличивает массогабаритные параметры, но при желании вернуть полную функциональность стоит идти на такие «жертвы».

В дальнейшем планируется создать опытный образец (прототип) миоэлектрического протеза, следовательно, возможны изменения в принятой комплектации биоэлектрического протеза.

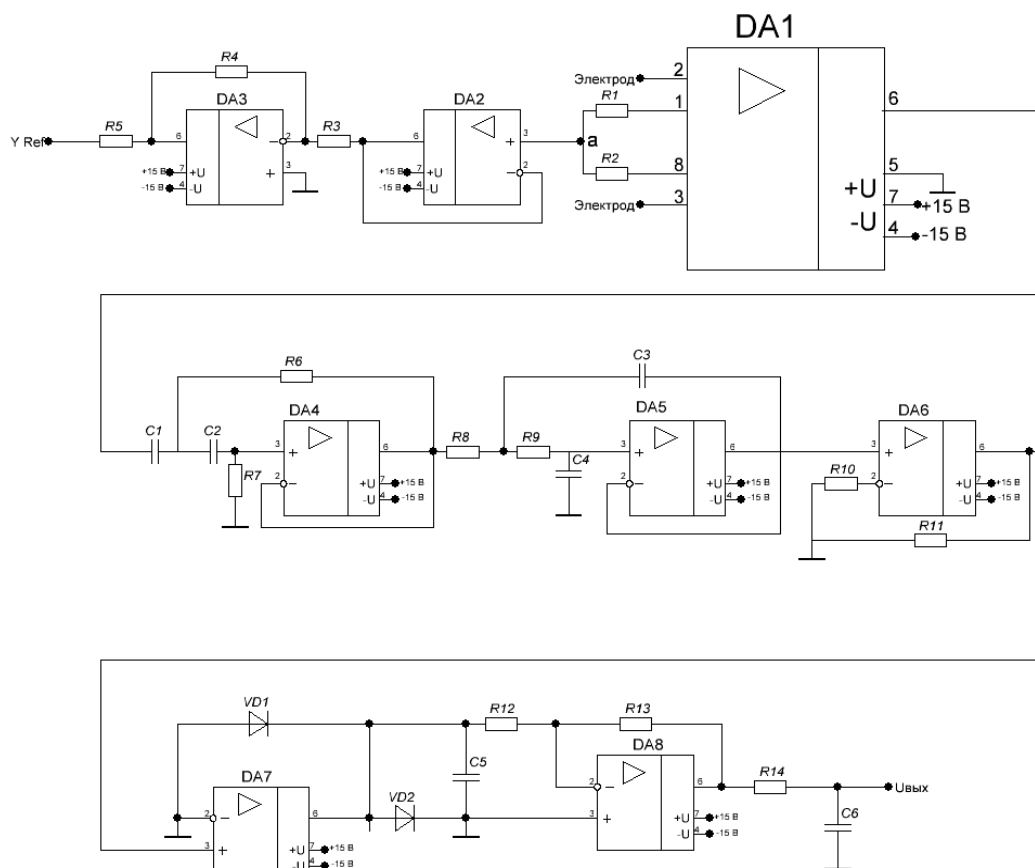
Список публикаций

1. Advantages of Nanosensors in the Development of Interfaces for Bioelectric Prostheses / D. K. Avdeeva [et al.] // MATEC Web of Conferences. — 2016. — Vol. 79 : Information-Measuring Equipment and Technologies (IME&T 2016) : VII Scientific Conference with International Participation, May 25-28, 2016, Tomsk, Russia : [proceedings]. — [01051, 9 p.].

Список используемых источников

1. Положение инвалидов: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/disabilities/# , режим доступа – свободный.
2. Протезы рук // Официальный сайт компании Novea [Электронный ресурс] URL: <http://novea.msk.ru/prosthetic-hand.html> , режим доступа – свободный.
3. Протезирование верхних конечностей // Официальный сайт компании OttoBock [Электронный ресурс] URL: <http://www.ottobock.ru/prosthetics/upper-limb-prosthetics/> , режим доступа – свободный.
4. Технология изготовления протезов верхних конечностей: Метод.пособие/ В.Г.Петров / Под. Ред. Г.Н. Бурова. –СПб. :Гиппократ, 2008 - 128 с.
5. Протезы верхних конечностей // Медицина Германии URL: [Электронный ресурс] <http://medicina-germany.ru/protezy-verxnix-konechnostej/> , режим доступа – свободный.
6. Cipriani Ch., Controzzi M., Carrozza M. Ch. The SmartHandtransradial prosthesis // J. of NeuroEngineering and Rehabilitation. - 2011. - №29
7. Турушев Н.В., Григорьев М.Г., Авдеева Д.К. Применение наносенсоров для построения нанобиоинтерфейса для миотонических протезов // Современные техника и технологии: сборник трудов XX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Томск: ТПУ, 2014. - С. 361-362.
8. Turushev, N. V., Grigoriev, M. G. and Avdeeva, D.K. Bioelectrical nanosensors: Prosthesis interface appliance perspectives // 2014 the 4th International Workshop on Computer Science and Engineering - Summer. Dubai: Science and Engineering Institute, 2014.

9. Чернышев А.А., Мустецов Н.П. Алгоритм управления многофункциональным протезом руки // Информационные технологии в медицине. - 2014. - №122. - С. 167-172.
10. Воротников С.А., Струнин В.С., Выборнов Н.А Биометрическая система управления протезом руки // Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии. - 2013. - №3. - С. 147-162.
11. BeBionic Small // Официальный сайт компании BeBionic [Электронный ресурс] URL: http://bebionic.com/the_hand/bebionic_small, режим доступа – свободный.
12. Протезирование конечностей при ампутации. Варианты крепления протеза к культе // Русский медицинский сервер [Электронный ресурс] URL: <http://www.rusmedserv.com/prostheticsextremities/prosthetics-upper-extremities-depending-ablation-level/>
13. INA128// официальный сайт компании Texas Instruments [Электронный ресурс] URL: <http://www.ti.com/product/INA128?keyMatch=INA128P&tisearch=Search-EN-Everything> , режим доступа – свободный.
14. Аксенов А. И., Нефедов А. В. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Конденсаторы. Резисторы. Справочник .— М.: Радио и связь, 1995 —272 с. (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1203)
15. . С.И. Дворядкина Операционные усилители: справочник. — М.: Патриот, 1996.-192 с.
16. . А. Дж. Пейтон, В. Волш Аналоговая электроника на операционных усилителях — М.: БИНОМ, 1994 — 352 с.
17. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник/ А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А.Зайцев и др.; Под. Общ. Ред. Н.Н. Горюнова . – М. : Энергоатомиздат, 1983.-744 с.



					ФЮРА.ХХХХХХ.109						
					Блок управления	Лит		Масса	Масштаб		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			у		2:1		
Разраб.		Захарченко Е.А.									
Провер.		Фокин А.В									
Т. контр.											
Реценз.					Приложение А	Лист		Листов			
Н. контр.											
Утверд.											
						ТПУ		ИНК			
						Группа		1Д31			

ФЮРА.ХХХХХХ.109

Блок управления

Приложение А

Лит			Масса	Масштаб
у			2:1	
Лист			Листов	
ТПУ			ИНК	
Группа			1Д31	

Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
	Микросхема		
DA1	INA128P	1	
	Операционный усилитель		
DA2-DA8	KP544УД1	7	
	Резисторы		
R1, R2	C1- 4 - 0,5 - 510 Ом ± 5%	2	
R3	C2- 29В - 0,062 - 10 кОм ± 5%	1	
R4, R5	C3- 14 - 0,01 - 400 кОм ± 5%	2	
R6, R7	C2 -29В -0,062 -12 кОм ± 5%	2	
R8, R9	C2 -29В -0,062 -5,1 кОм ± 5%	2	
R10	C2- 29В - 0,062 - 10 кОм ± 5%	1	
R11	C3- 14 - 0,01 - 200 кОм ± 5%	1	
R12, R13	C2 -29В -0,062 -10 кОм ± 5%	2	
R14	C2 -29В -0,062 -10 кОм ± 5%	1	
	Конденсаторы		
C1, C2	K53-1-30 В -0,68 мкФ	2	
C3, C4	K53-1-30 В -0,062 мкФ	2	
C5	K10 - 17 - 25 В -100пФ	1	
C6	K53-1-30 В -5,6 мкФ	1	
	Диод		
VD1, VD2	2Д204А	2	